



**Brújula. Semilleros de Investigación**

Volumen 10, Número 19, enero-junio, 2022. pp. 18-25

Bogotá D. C., Colombia

ISSN 2346-0628 (en línea)

<https://doi.org/10.21830/23460628.106>

**DOSIER**

# Simetría y balance muscular de flexo-extensores de rodilla a 60°/segundo en estudiantes militares

**Felipe Cleves Neuta**

*Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova*

**María Camila Cruz Martínez**

*Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova*

**Jenner Alberto Contreras Zúñiga**

*Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova*

**Paula Janyn Melo Buitrago**

*Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova*

**Sebastián Felipe Arango Ramírez**

*Ministerio del Deporte, Colombia*

## RESUMEN

El objetivo de este artículo es analizar el nivel de simetría y balance muscular a 60°/segundo de flexoextensores de rodilla en estudiantes militares. Como metodología se utilizó el enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y corte transversal; población de 75 estudiantes hombres con edad  $\bar{x}$ :  $19,76 \pm 1,35$ ; evaluados mediante el test de fuerza isocinética. El balance muscular cuádriceps/isquiotibiales presentó ratios equivalentes al 60%, siendo este un buen indicador de niveles de fuerza según los estándares de normalidad, factor que indica un bajo riesgo de lesión de rodilla.

## PALABRAS CLAVE

Balances y simetrías, dinamómetro de fuerza muscular, fuerza muscular, personal militar.

## CITACIÓN

Cleves, F., Cruz, M., Contreras, J., Melo, P., & Arango, S. (2022). Simetría y balance muscular de flexo-extensores de rodilla a 60°/segundo en estudiantes militares. *Revista Brújula de Investigación*, 10(19). 18-25.

<https://doi.org/10.21830/23460628.106>

Recibido: 1 de febrero de 2022

Aceptado: 11 de mayo de 2022

Contacto: Paula Janyn Melo Buitrago ✉ [paula.melo@esmic.edu.co](mailto:paula.melo@esmic.edu.co)



## Introducción

Las lesiones osteomusculares son una de las principales causas de limitación de las actividades deportivas y ejecución de trabajos militares en campo, además, conllevan cuadros de desentrenamiento y pérdida de capacidades físicas en los tiempos de reposo, lo que hace más difícil el retorno del cadete a las actividades diarias. Las lesiones de rodilla hacen parte de las lesiones más comunes, tanto en atletas profesionales como en principiantes. Las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) constituyen al menos un 5% de todas las lesiones que se producen en el fútbol. Esto significa un 0,5% y 6% en mujeres, y 0,6% y 8,5% en hombres: las mujeres tienen dos a tres veces más riesgo de sufrir una rotura de LCA y a edades más tempranas que los hombres (Walden *et al.*, 2011). En los deportistas, las lesiones de ligamento cruzado anterior tienen una alta incidencia, son causadas por ejercicios de alta intensidad y alto impacto. Cabe resaltar que otra de las estructuras fuertemente afectadas por el alto impacto del trabajo son los meniscos, componentes articulares fundamentales en la amortiguación de los movimientos. Peat *et al.* (2014) afirman que las roturas meniscales son las lesiones más comunes que afectan la rodilla en sujetos menores de 40 años, y en las que se han encontrado al menos 112 de 172 lesiones registradas en una muestra de 100.000 personas.

En la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova (Esmic) se han realizado algunos estudios encaminados a la búsqueda de maneras para mejorar el rendimiento en las actividades cotidianas que cumple un cadete en su vida militar. Estas actividades son de alta exigencia e incluyen ejercicios físicos de alto impacto como, por ejemplo, trabajos de resistencia a la fuerza con sobrecarga, desplazamientos en dife-

rentes direcciones a velocidades cambiantes con y sin armamento, manejo del cuerpo en diferentes ambientes naturales en posiciones y **ángulos** críticos para las articulaciones. Todo esto, probablemente, sin contar con una base estructural adecuada en cuanto a la composición corporal (biotipo), lo cual puede convertirse en un factor que favorece la presencia de lesiones musculares y/o articulares.

Según un estudio realizado por Rodríguez *et al.* (2016), la carga física a la que se somete un cadete es elevada, pues está en constante riesgo de sufrir una lesión de alto nivel en las extremidades inferiores, debido a factores como la carga del entrenamiento, la práctica deportiva, el terreno, la falta de descanso y/o métodos inadecuados de ejecución de ejercicios tácticos.

La mayoría de las lesiones deportivas son causadas por mecanismos de no contacto como la desaceleración, los cambios de dirección y los aterrizajes, que por su alta carga mecánica predisponen al cuerpo al riesgo de ruptura de tejidos osteomusculares. La importancia de la estabilidad articular desde los componentes musculares es fundamental para la protección de los traumas en las rodillas.

Entre los factores de riesgo para las lesiones de rodilla, y específicamente los isquiotibiales, están la edad, la raza, el historial de lesiones previas, la falta de fuerza, la flexibilidad, la fatiga muscular y el desequilibrio de fuerzas entre músculos agonistas y antagonistas (De Hoyo *et al.*, 2013; Petticrew y Roberts, 2008); este último es el causante de la mayoría de problemas de rodilla.

Se debe comprender que las lesiones en ámbitos militares ocurren por diferentes causas y ambientes, tal y como se expresa en un estudio realizado con estudiantes de la Esmic, en el que se determinó qué tipo de lesiones se derivaban del entrenamiento físico militar en los cade-



tes. Para ello los investigadores recopilaron los datos a partir de encuestas y entrevistas semiestructuradas, obteniendo como resultado que una de las lesiones más prevalente es el esguince de tobillo (12,8%); así mismo, entre las causas está el “volteo”, golpe o caída y el equipo o indumentaria. En los resultados de la fase cualitativa se refleja que no realizar un adecuado calentamiento y estiramiento antes y después del ejercicio físico militar implica un mayor número de lesiones en los miembros inferiores (Ríos *et al.*, 2016).

Otro estudio que tiene resultados relevantes en cuanto a las lesiones en los miembros inferiores en la población militar corresponde al presentado por Villalba y Rut (2016), quien realiza su investigación en la Base Militar Área Las Palmas en Lima (Perú), mediante un estudio descriptivo que se propone determinar la frecuencia de limitación funcional por lesiones de rodilla. Para resolver su objetivo, aplicaron el cuestionario Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) a 120 militares e identificaron que los militares con meniscopatía de la rodilla derecha tenían problemas en la dimensión de los síntomas (promedio = 49,72), mientras que en las otras dimensiones se obtuvo una mejor puntuación promedio. Los militares con meniscopatía de la rodilla izquierda, meniscopatía bilateral y meniscopatía + LCA derecha y meniscopatía + LCA de la rodilla izquierda, tenían problemas en la dimensión de síntomas (promedio = 50,15), mientras que en las otras dimensiones obtuvieron una mejor puntuación promedio.

A partir de estas argumentaciones, este estudio se propone analizar los niveles de simetría y balance muscular a 60°/seg de flexoextensores de rodilla en cadetes de tercer nivel de la Facultad de Educación Física Militar, identificando las condiciones musculares que potencien el

rendimiento físico, así como definir posibles factores de riesgo osteomuscular desencadenantes de lesiones.

## Marco teórico

La fuerza en el ámbito deportivo se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o contraerse. La fuerza está en relación con el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina. Es la máxima tensión manifestada por el músculo en un tiempo determinado (González, 2002).

La fuerza es el producto de una acción muscular iniciada y sincronizada por procesos eléctricos en el sistema nervioso. Es la capacidad que tiene un grupo muscular para generar una fuerza bajo condiciones específicas. Existen tres tipos de fuerza que se explicarán a continuación (Verkhoshansky, 1999).

### Fuerza máxima

Es la mayor fuerza posible que el sistema neuromuscular es capaz de ejercer con la máxima contracción voluntaria (Dietrich *et al.*, 2001).

### Fuerza explosiva o rápida (potencia)

Resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Es la capacidad de desarrollar valores de fuerza elevados por unidad de tiempo y de producir fuerza con la velocidad óptima (Dietrich *et al.*, 2001).

La valoración de la ratio H:Q que evalúa la relación de la fuerza en isquiotibiales/cuádriceps se relaciona con las lesiones de rodilla, dejando en evidencia que los deportistas que presentaban índices menores a 0,55 tenían mayor riesgo de lesión de ligamento cruzado anterior (Söderman



*et al.*, 2001). Se ha demostrado que la población con déficit en la relación muscular mencionada presenta lesiones de rodilla con mayor facilidad, al ser este músculo el mecanismo protector de la articulación.

## Método

- Tipo de estudio: enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y de corte transversal.
- Unidad de análisis: estudiantes de grado cadetes de la Esmic.
- Delimitación de la población: cadetes que se encuentran cursando tercer nivel en la Facultad de Educación Física Militar.
- Tipo de muestra: determinada por el método no probabilístico, muestreo intencional.
- Forma de análisis: estadística descriptiva.
- Criterios de inclusión: cadetes de tercer nivel de la Facultad de Educación Física Militar de la Esmic, aptos para realizar la prueba física, sin presencia de lesión aguda, que firmen un consentimiento informado y deseen participar en la investigación.
- Criterios de exclusión: cadetes con alguna enfermedad o lesión osteomuscular en las rodillas, lo que no permite realizar la evaluación.

También:

- Incapacidad para producir fuerza en el movimiento activo.
- Articulación con arco de movimiento doloroso.
- Articulación inestable.
- ROM limitada.
- Primeras etapas de la rehabilitación posoperatoria.

Las evaluaciones se realizaron durante el primer semestre académico del 2021 antes de ejercicios de campaña y/o terreno; se inició con un tamizaje de la población estudio, con una selección según los criterios de inclusión y exclusión. La prueba tuvo una duración de 30 minutos por cadete, y se organizó así:

1. Selección de la población de estudio teniendo en cuenta criterios de inclusión y exclusión del evaluador.
2. Firma de consentimiento informado con riesgos, beneficios, protocolos de intervención, indicaciones y contraindicaciones de cada una de las pruebas.
3. Valoración de la composición corporal por medio de la máquina de bioimpedancia eléctrica marca SECA, valorando peso, talla e índice de masa corporal de forma objetiva.
4. Calentamiento en bicicleta ergométrica durante 10 minutos.
5. Evaluación de la fuerza isocinética de miembros inferiores, con una evaluación de la fuerza isocinética ejecutando flexoextensión de rodilla con límites de movilidad de 0-90 grados, teniendo en cuenta los siguientes parámetros de ejecución:
  - Fuerza, velocidad lenta: 60 grados por segundo ejecutando 5 repeticiones. (Clinical Aspect, 2014).

Una vez recopilados los datos, se ingresaron en una base de datos de Excel para Mac 16.51 y se aplicó estadística descriptiva incluyendo promedios, desviación estándar e intervalos de confianza, así como también Anova para las diferencias entre las variables. Se tuvo en cuenta la aplicación GraphPad Prism 9.1.2 en el diseño de los gráficos.



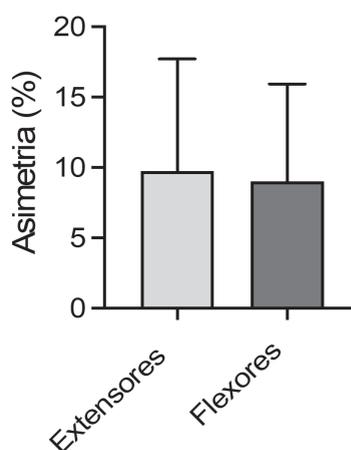
**Tabla 1.** Descripción de la muestra

Descripción de la muestra	
Número de participantes (n)	75
Edad (años)	19,76 ± 1,35
Estatura (m)	1,73 ± 0,06
Masa corporal (kg)	67,43 ± 6,67
Masa muscular (kg)	43,75 ± 2,26

Fuente: elaboración propia.

La muestra de estudio está conformada por 75 participantes con una edad promedio de 19,76 ± 1,35 años de edad, estatura de 1,73 ± 0,06, masa corporal de 67,43 ± 6,67 y masa muscular de 43,75 ± 2,26 que se pueden ver en la tabla 1.

En la tabla 2 se ven los niveles de asimetrías e imbalances al ejecutar la prueba de fuerza isocinética de rodilla mediante el pico torque y el cálculo de la ratio (relación del pico torque entre la fuerza realizada por los isquiotibiales y el cuádriceps). En la población de estudio se observa que los cadetes presentan ratios de 60,39% en el miembro inferior izquierdo (MII) y de 61,79% en el miembro inferior derecho (MID). Por otra parte, frente al análisis de las asimetrías se pudo notar mayor porcentaje de asimetría en extensores (9,72%) que en flexores (9%), siendo estos dos indicadores importantes referentes en la identificación de factores de riesgo de la lesión en la rodilla.



**Figura 1.** Asimetrías de los extensores y flexores 60°  
Fuente: elaboración propia.

La figura 1 establece los niveles de asimetría entre flexores y extensores muestran niveles menores al 10%, lo que lo convierte en un importante indicador en el reconocimiento de lesiones deportivas y permite identificar que el

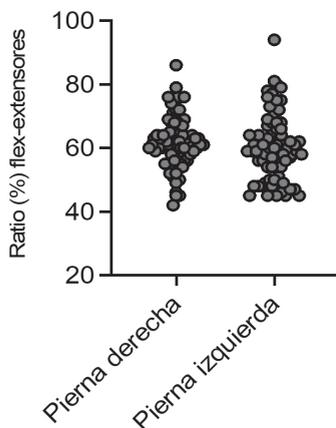
**Tabla 2.** Promedio y desviación estándar de asimetrías y balance muscular

Promedio y desviación estándar (intervalo de confianza al 95%)	
Asimetrías de los extensores de la rodilla (%)	9,72 ± 7,99 (7,91-11,53)
Asimetrías de los flexores de la rodilla (%)	9,00 ± 6,92 (7,43-10,57)
Ratio flexores-extensores de la pierna izquierda	60,39 ± 10,33 (58,05-62,72)
Ratio flexores-extensores de la pierna derecha	61,79 ± 8,27 (59,91-63,66)

Fuente: elaboración propia.



grupo de estudio no presenta riesgo de lesión en la rodilla por diferencias de fuerza entre segmentos.



**Figura 2.** Balance de flexoextensores 60°  
Fuente: elaboración propia.

En la figura 2 se establece la ratio entre flexores y extensores de rodilla, dejando en evidencia que gran parte del grupo poblacional presentó imbalances musculares de rodilla equivalentes a 0,60; en otros estudios se ha identificado que los índices superiores a 0,60 no tienen desequilibrios entre cuádriceps e isquiotibiales (Croisier *et al.*, 2008), siendo este un segundo indicador de posibles lesiones de rodilla a corto o mediano plazo.

## Discusión

En el análisis detallado de los resultados se describieron varios puntos claves: al observar los valores de asimetría se encontró que los cadetes tuvieron mayor asimetría de extensores de rodilla (cuádriceps) con una diferencia de 0,72% entre extensores y flexores con proporciones de déficit entre un 9%-10%, lo que muestra que los cadetes tienen bajos niveles de lesión. En cuanto al balance muscular, que corresponde al equilibrio agonista/antagonista se observó que

los estudiantes mostraron un equilibrio muscular adecuado bilateralmente con una diferencia de 1,4%, datos que parecen demostrar un bajo riesgo de lesión muscular con índices balance equivalentes a 0,60-0,61, encontrándose este resultado dentro del estándar de normalidad. Estos son los primeros datos que se tienen de estas variables en cuanto a la población militar, teniendo en cuenta que la mayoría de los estudios realizados a escalas nacional e internacional en este tema han considerado la población de deportistas de diferentes modalidades como fútbol, ciclismo, deportes de combate y patinaje (Camels y Minaire, 1995; Chiquito-Freile, 2018; Coombs y Garbutt, 2002; Gioftsidoy *et al.*, 2006; Kaeding y Borchers, 2014; Knapik *et al.*, 1991). Aunque estas modalidades están lejos de poder ser comparadas con la actividad física que realizan los estudiantes en formación de la Esmic, vale la pena mencionar que los valores de simetría y balance muscular obtenidos en la población de estudio demuestran un equilibrio adecuado en la fuerza isocinética de los diferentes grupos musculares, toda vez que, por ejemplo, en el estudio de Gioftsidoy *et al.* (2006), realizado en futbolistas, se encontraron resultados con mayor asimetría tanto en flexores ( $+15 \pm 7\%$ ) como en extensores ( $+24 \pm 15\%$ ) con una diferencia de casi un 9% entre los grupos musculares, lo cual es un indicador que predispone a los deportistas a las lesiones osteomusculares.

## Conclusión

Lo anterior nos permite concluir que el balance muscular cuádriceps/isquiotibiales del 60% indica que están fuera del riesgo de lesión, guardando una proporción adecuada entre los grupos musculares, con tendencia positiva hacia la pierna derecha. Así mismo, la asimetría de flexores y extensores presenta una diferencia



de 9%-10%, siendo este un segundo factor que indica niveles bajos de lesión de rodilla en el grupo de estudio, con una diferencia entre segmentos del 0,72%, lo que lo convierte en un referente para la población militar, en cuanto a la tendencia de fuerza máxima entre los grupos musculares.

La principal utilidad de los valores de referencia se fundamenta en futuros programas de prevención de lesiones osteomusculares de miembros inferiores en la población militar. Es importante continuar evaluando este tipo de variables en toda la población militar en formación y tener en cuenta que los niveles de preparación y exigencia física varían en la medida en que cambian de grado militar.

### Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo. Los puntos de vista y los resultados de este artículo pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los de las instituciones participantes.

### Sobre el artículo

Artículo científico, derivado del proyecto de investigación institucional titulado “Valoración de la fuerza isocinética de músculos flexores y extensores de rodilla en cadetes de la Escuela Militar de Cadetes General José María Córdova.

### Sobre los autores

**Felipe Cleves Neuta** es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculado al semillero de investigación Citius. Contacto: felipe.cleves@esmic.edu.co

**María Camila Cruz Martínez** es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculada al semi-

llero de investigación Citius. Contacto: maria.cruz@esmic.edu.co

**Jenner Alberto Contreras Zúñiga** es estudiante de octavo nivel de la Facultad de Educación Física Militar, grado alférez, vinculado al semillero de investigación Citius. Contacto: jenner.contreras@esmic.edu.co

**Paula Janyñ Melo Buitrago** es asesora, líder del semillero Citius, Facultad de Educación Física Militar; investigadora asociada vinculada al grupo Renfamil. Contacto: paula.melo@esmic.edu.co

**Sebastián Felipe Arango Ramírez** es asesor externo. Fisioterapeuta del Centro de Ciencias del Deporte, Ministerio del Deporte. Contacto: searango@mindeporte.gov.co

### Referencias

- Calmels, P., & Minaire, P. A. (1995). Review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil*, 17(6), 265-276.
- Chiquito-Freile, C. J. (2018). Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones de Colombia [tesis de especialización, Universidad del Bosque].
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 56-62.
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
- De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 30-37.
- Dietrich, M. Klaus, C., & Klaus, L. (2001). *Manual de metodología de entrenamiento deportivo*. Paidotribo.
- Gioftsidou, A., Beneka, A., Malliou, P., Pafis, G., & Godolias, G. (2006). Soccer players' muscular



- imbalances: Restoration with an isokinetic strength training program. *Percept Mot Skills*, 103(1), 151-159.
- González, J. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento deportivo*. INDE.
- Kaeding, C. C., & Borchers, J. R. (2014). *Hamstring and quadriceps injuries in athletes: A clinical guide*. Springer.
- Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76-81.
- Peat, G., Bergknut, C., Frobell, R., Jöud, A., & Englund, M. (2014). Population-wide incidence estimates for soft tissue knee injuries presenting to healthcare in southern Sweden: Data from the Skåne Healthcare Register. *Arthritis Research & Therapy*, 16(4), R162.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Ríos Pinillos, C. D., Castro Jiménez, L. E., & Melo Buitrago, P. J. (2016). Lesiones derivadas del entrenamiento militar en los cadetes de 6.º nivel de la Escuela Militar José María Córdova. *Movimiento Científico*, 10(1), 19-28. <https://doi.org/10.33881/2011-7191.mct.10102>
- Rodríguez Gómez, J. S., Valenzuela Pinzón, J. A., Velasco Rodríguez, J. D., Castro Jiménez, L. E., & Melo Buitrago, P. J. (2016). Caracterización de las lesiones derivadas del entrenamiento físico militar. *Revista Cuidarte*, 7(1), 1219-1226.
- Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., & Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(5), 313-321.
- Verkhoshansky, Y. (1999). *Todo sobre el método pliométrico. Medios y métodos para el entrenamiento y la mejora de la fuerza explosiva*. Paidotribo.
- Villalba, C., & Rut, L. (2016). *Limitación funcional por lesiones de rodilla en personal militar de la Base Aérea Las Palmas, Lima* [tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas].
- Walden, M., Häggglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): A review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 3-10.